

Adaptives Workflow-Management für kooperierende Workflows - ein Überblick

Ulrike Greiner

Abt. Datenbanken, Institut für Informatik, Universität Leipzig
greiner@informatik.uni-leipzig.de

Zusammenfassung

Der Einsatz von Workflow-Management-Systemen zur Ausführung von Geschäftsprozessen nimmt vor allem durch die Verbreitung des E-Commerce immer mehr zu. Gerade der elektronische Handel ist durch die Kooperation zwischen verschiedenen Unternehmen (Business2Business-E-Commerce) bzw. zwischen Unternehmen und Kunden (Business2Consumer-E-Commerce) geprägt. Workflow-Systeme müssen deshalb kooperative Prozesse zwischen unterschiedlichen Unternehmen unterstützen. Eine weitere Anforderung ist, dass sie unerwartete Fehler und Ausnahmen während der Workflow-Ausführung behandeln können. In diesem Artikel werden zuerst Kooperationsformen für Workflows und Anforderungen an Workflow-Systeme für die Unterstützung kooperierender Workflows erarbeitet. Anschließend werden verschiedene Forschungsansätze verglichen, um einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet kooperierender Workflow-Management-Systeme zu erhalten.

1 Motivation

Workflow-Management-Systeme werden zur Ausführung von stark strukturierten und oft wiederholten Geschäftsprozessen in Unternehmen und Organisationen eingesetzt. Sie ermöglichen die Definition von Daten- und Kontrollfluss eines Workflows und die Ausführung von Instanzen der Workflows. Durch die fortschreitende Verbreitung des elektronischen Handels (E-Commerce) zwischen Unternehmen (Business-to-Business, B2B) entstehen immer häufiger interorganisatorische Geschäftsprozesse, die nicht von einem Unternehmen alleine sondern in Kooperation mit anderen ausgeführt werden. Die Workflow-Systeme der Organisationen und die von ihnen ausgeführten Workflows müssen also kooperieren. Ein Beispiel dafür ist das Outsourcing (Auslagern) von Teilen eines Prozesses, die ein Unternehmen nicht selber durchführen kann oder will. So kann man sich einen Versandhandel vorstellen, der die Waren durch einen externen Paketdienst ausliefern lässt.

Gerade in komplexen Anwendungsgebieten wie dem E-Commerce können aber immer auch Ausnahmen und Fehler auftreten, die es nötig machen, von der im Workflow vordefinierten Prozesslogik abzuweichen. Stellt der Paketzusteller aus dem obigen Beispiel fest, dass die Lieferadresse falsch ist, kann die Ware nicht wie geplant zugestellt werden, sondern es muss erst die korrekte Adresse ermittelt werden. Solche lokalen Fehlerbehandlungen in einem Workflow des interorganisatorischen Prozesses können sich auf kooperierende Workflows auswirken, weil beispielsweise Terminvereinbarungen zwischen den Workflows (z. B. über die Zustellung der Ware) nicht mehr eingehalten werden können.

Workflow-Kooperation und Ausnahmebehandlung bei unvorhergesehenen Ereignissen hängen also bei der Ausführung interorganisatorischer Prozesse eng zusammen. In der Forschung gibt es für dynamische Workflows, d. h. Workflows, die eine Abweichung von der vordefinierten Prozesslogik zur Laufzeit erlauben, und für die Kooperation von Workflows unterschiedliche Ansätze. In diesem Artikel werden Kooperationsformen für Workflows und Anforderungen an Workflow-Management-Systeme für kooperierende, dynamische Workflows klassifiziert und anschließend verschiedene Forschungsansätze verglichen.

2 Kooperationsformen für Workflows in interorganisatorischen Prozessen

Die Ausführung eines interorganisatorischen Prozesses durch mehrere Workflows hat eine logische und eine technische Ebene. Die logische Ebene beschreibt wer, wann, was, in wessen Auftrag durchführt. Wie derjenige das macht, ist nicht von Bedeutung. Die Zusammenarbeit auf dieser logischen Ebene bezeichnen wir als **Kooperation**. Auf der technischen Ebene werden Details zur Durchführung der Koope-

ration wie Schnittstellen, Kommunikationswege, Protokolle oder das Format der ausgetauschten Daten geregelt. Die Zusammenarbeit auf der technische Ebene bezeichnen wir als **Kommunikation**.

Für die Modellierung der Kooperation gibt es im wesentlichen zwei Ansätze: **Dienste** und **Ereignisse**. Dienste beschreiben auf der logischen Ebene wer, wann, welche Aktivitäten, für wen durchführt und ermöglichen so eine vollständige Kapselung der internen Realisierung der Dienste durch den Dienstbringer. Dadurch ist für den Dienstanutzer nicht sichtbar, ob die auszuführenden Aktivitäten einen vollständigen Workflow bilden, Teil eines anderen Workflows oder im Extremfall nur einzelne Aktivitäten sind. Die Kooperation über Dienste ist meist synchron, ähnlich wie bei einem Remote Procedure Call, d. h. der Dienstanutzer wartet auf Rückgabewerte.

Dagegen erfolgt bei der Kooperation über Ereignisse meist eine asynchrone Interaktion. Eine Aktivität erzeugt ein Ereignis eines bestimmten Typs (z. B. eine Nachricht oder ein Datenobjekt) und eine andere Aktivität im gleichen Workflow oder in einem kooperierenden Workflow verarbeitet es. Dadurch können beliebig komplexe Kooperationsmuster abgebildet werden, während sich Dienste vor allem für Kooperationen eignen, bei der die von den beteiligten Organisationen durchzuführenden Aufgaben klar strukturiert sind.

3 Anforderungen an kooperierende Workflow-Systeme

Es gibt drei Hauptanforderungen an Workflow-Management-Systeme für dynamische, kooperierende Workflows. Sie sollten erstens **Qualitätsvereinbarungen** unterstützen, zweitens eine lokale **Fehlerbehandlung** ermöglichen und drittens **Auswirkungen** lokaler Adaptationen auf kooperierende Workflows berücksichtigen.

Qualitätsvereinbarungen ermöglichen die Kontrolle der Kooperation bzgl. der Qualität der Ergebnisse oder der Einhaltung zeitlicher Vorgaben. So legen sie zum Beispiel fest, wie lange die Dienstbringung oder die Erzeugung eines Ereignisses dauern darf, was sie kostet, welche Qualität die erbrachte Leistung haben soll oder was zu tun ist, wenn die vereinbarte Qualität nicht erreicht werden kann. Die Vereinbarungen werden z. B. in Verträgen festgehalten, die entweder statisch festgelegt sind oder durch intelligente Agenten oder sonstige geeignete Mechanismen ausgehandelt werden können. Werden in einem der kooperierenden Workflows Ausnahmebehandlungen erforderlich, kann anhand von Qualitätsvereinbarungen überprüft werden, ob die Kooperation noch in der vereinbarten Art und Weise durchgeführt werden kann oder ob sich z. B. Verzögerungen ergeben haben, über die der Kooperationspartner informiert werden sollte.

Für eine lokale Fehlerbehandlung schon zur Definitionszeit bekannter Ausnahmen können alternative Pfade oder eine Ausnahmebehandlung in der Art höherer Programmiersprachen wie Java oder C++ vorgesehen werden. Spätes Binden ermöglicht es, in der Workflow-Definition Platzhalter für Aktivitäten oder Subworkflows zu verwenden und erst zur Laufzeit eine passende Aktivität oder einen passenden Subworkflow auszuwählen. Reichen Ausnahmebehandlung und Auswahl von Aktivitäten zur Laufzeit zur Behandlung eines Fehlers nicht aus, so ist ein dynamischer Umbau der Workflow-Instanz erforderlich. Dabei werden z. B. Aktivitäten gelöscht oder neu eingefügt.

Die Berücksichtigung von Auswirkungen lokaler Fehlerbehandlungen auf kooperierende Workflows sollte in zwei Schritten erfolgen. Erstens sind die Auswirkungen bereits verarbeiteter Ereignisse oder bereits erbrachter Dienste, die z. B. aufgrund des Abbruchs einer Aktivität oder eines Workflows nicht mehr gültig sind, zu bestimmen und falls erforderlich rückgängig zu machen oder zu kompensieren. Zweitens ist zu überprüfen, ob nach der Fehlerbehandlung noch alle Vereinbarungen für zukünftige Kooperationsschritte eingehalten werden können. So kann es zum Beispiel durch das Einfügen neuer Aktivitäten zu Verzögerung geplanter Liefertermine kommen, die dann nach Absprache mit dem kooperierenden Workflow entsprechend angepasst werden müssen.

4 Vergleich einiger Forschungsansätze zur Kooperation mehrerer Workflows

Zuerst werden Ansätze zur Kooperation über Dienste, dann zur Kooperation über Ereignisse verglichen. Dabei werden nur die in Abschnitt 3 gestellten Anforderungen berücksichtigt. Die beiden zusammenfassenden Tabellen 1 und 2 enthalten noch weitere Vergleichskriterien, die aber aus Platzgründen hier nicht näher erläutert werden. Details dazu finden sich in einem technischen Bericht (vgl. [3]).

4.1 Kooperation mehrerer logischer Workflows über Dienste

In diesem Abschnitt werden folgende vier Forschungsansätze zur Kooperation über Dienste verglichen, die alle für den E-Commerce-Anwendungsbereich entwickelt wurden: das Projekt ANAISOF (Universität Zürich, vgl. [9]), die COLLABORATION MANAGEMENT INFRASTRUCTURE - CMI (Georgakopoulos vgl. [2]), das CROSSFLOW-Projekt (u. a. IBM Zürich, GMD IPSI, Universität Twente, vgl. [7]) und das WISE-Projekt (ETH Zürich, vgl. [6]).

ANAISOF bietet einen elektronischen Marktplatz für den Handel von Dienst-Workflows über das Internet. CMI ermöglicht die Realisierung einer Kooperation in einem virtuellen Unternehmen durch die Bildung von Multi-Enterprise-Prozessen aus den Diensten, die die beteiligten Unternehmen zur Verfügung stellen. Die CROSSFLOW-Architektur unterstützt Angebote und Gesuche für Dienste, Vertragsverhandlungen und die Durchführung der eigentlichen Kooperation. WISE legt den Schwerpunkt auf die Definition und Ausführung virtueller Geschäftsprozesse in virtuellen Unternehmen, wobei die verfügbaren Dienste in einem Web-Katalog angeboten werden und aus diesen dann ein virtueller Geschäftsprozess erstellt wird.

	ANAISOF ([9])	CMI ([2])	CrossFlow ([7])	WISE ([6])
Kooperationsform	Dienste, synchrone Kopplung	Dienste, synchrone Kopplung	Dienste, synchrone und asynchrone Kopplung	Dienste, synchrone Kopplung
Qualitätsvereinbarungen	-	-	QoS-Parameter für Qualität oder Dauer	Dauer, Garantien
Kommunikationsform / -mechanismus	asymmetrisch / Agenten mit passender Middleware	asymmetrisch / -	symmetrisch und asymmetrisch / Gateways	asymmetrisch / -
Datenaustauschformat	XML-Dokumente	festgelegt in Dienstschnittstelle	Verträge	beliebig
lokale dynamische Fehlerbehandlung	Versionsverwaltung bei Änderung der Workflow-Definitionen	spätes Binden	dynamischer Umbau	Ausnahmebehandlung
Berücksichtigung von Auswirkungen		-	rollback, stop, continue, abort, change	Atomaritäts-, Isolations-, Persistenzsphären

Tabelle 1: Forschungsansätze zur Workflow-Kooperation über Dienste.

In allen Systemen können allgemeine Vereinbarungen über die Diensterbringung für andere Organisationen getroffen werden, aber Qualitätsvereinbarungen werden nur von CROSSFLOW durch Quality-of-Service (QoS)-Parameter für die Qualität und Dauer des Dienstes und von WISE durch Garantien für Ausführungsdauer oder Qualität unterstützt.

Alle vier Ansätze ermöglichen lokale dynamische Fehlerbehandlungen. ANAISOF verwendet dazu eine erweiterte Versionsverwaltung, die bei Änderungen an der Dienst-Workflow-Definition sicherstellt, dass der Dienstanutzer die für seine Vereinbarungen gültige Version sieht. CMI unterstützt spätes Binden, WISE einen Mechanismus zur Ausnahmebehandlung. In CROSSFLOW wird eine Workflow-Instanz bei Bedarf dynamisch umgebaut.

Bei CMI wurde keine Aussage über die Berücksichtigung von Auswirkungen lokaler Fehlerbehandlungen auf kooperierende Workflows gefunden. Die erweiterte Versionsverwaltung von ANAISOF verhindert für laufende und geplante Kooperationen nur Fehler durch eine geänderte Workflow-Definition, weitere Fehlermöglichkeiten werden nicht berücksichtigt. In CROSSFLOW werden während der Ausführung des Dienst-Workflows die vereinbarten QoS-Parameter lokal überwacht, und ein dynamischer Umbau der betroffenen Instanz vorgenommen, wenn diese nicht eingehalten werden können. Darüberhinaus ist über die Operationen *rollback*, *stop*, *continue*, *abort*, *change* ein direkter Eingriff durch den Dienst-

nutzer in den Dienst-Workflow möglich, wenn beispielsweise der Vater-Workflow abgebrochen wird und der Dienst-Workflow auch abgebrochen werden soll. WISE bietet über die Definition von Atomaritäts-, Isolations- und Persistenzsphären eine Möglichkeit zur Koordination kooperierender Workflows auch im Fehlerfall.

4.2 Kooperation mehrerer logischer Workflows über Ereignisse

Zur Kooperation über Ereignisse werden ebenfalls vier Forschungsansätze aus den Anwendungsgebieten E-Commerce und Medizin (AGENTWORK) verglichen. Das sind OPERA (ETH Zürich, vgl. [5]), PANTA RHEI (Universität Klagenfurt, vgl. [4]), WIDE (u. a. Politecnico di Milano, Universität Twente, vgl. [1]) und AGENTWORK (Universität Leipzig, vgl. [8]).

OPERA bietet Mechanismen für die Intra- und Inter-Workflow-Kooperation über Ereignisse. Bei PANTA RHEI erfolgt jegliche Kooperation und Kommunikation über Formulare (z. B. XML- oder HTML-Formulare), die zwischen den kooperierenden Workflows verschickt werden und z. B. den Start oder die Fortsetzung eines Workflows auslösen. Das WIDE-Workflow-Modell enthält Ereignisaktivitäten zum Versenden und Empfangen von Ereignissen und auch in AGENTWORK werden Kommunikationsaktivitäten definiert, über die Objekte zwischen den kooperierenden Workflows ausgetauscht werden.

	OPERA ([5])	PANTA RHEI ([4])	WIDE ([1])	AGENTWORK ([8])
Kooperationsform	Ereignisse, asynchrone Kopplung	Ereignisse, asynchrone Kopplung	Ereignisse, asynchrone Kopplung	Ereignisse, asynchrone Kopplung
Qualitätsvereinbarungen	-	Deadlines	Prioritäten	Güte von Objekten, Deadlines
Kommunikationsform/-mechanismus	symmetrisch / Queues, Subscribe-Mechanismus	symmetrisch und asymmetrisch / HTTP	symmetrisch / CORBA	symmetrisch / CORBA
Datenaustauschformat	Ereignisnachrichten	HTML-/XML-Formulare	Ereignisnachrichten	Objekte
lokale dynamische Fehlerbehandlung	spätes Binden	Definition alternativer Pfade, Kompensationsaktivitäten	regelbasiert (ECA-Mechanismus)	regelbasierter dynamischer Umbau
Berücksichtigung von Auswirkungen	Ereignisrückruf mit Recovery-Prozedur	Ausnahmeereignisse	Analyse des integrierten Workflows	Überprüfung der Qualitätsvereinbarungen

Tabelle 2: Forschungsansätze zur Workflow-Kooperation über Ereignisse.

OPERA unterstützt keine Qualitätsvereinbarungen, bei PANTA RHEI können Deadlines und bei WIDE Prioritäten für die Zustellung von Ereignissen und die Bearbeitung von Anfragen angegeben werden. AGENTWORK ermöglicht Vereinbarungen für die Güte der verschickten Objekte oder für Zeitintervalle, innerhalb derer Objekte verschickt oder erwartet werden.

Lokale dynamische Fehlerbehandlung ist in allen vier Systemen möglich. OPERA unterstützt spätes Binden. PANTA RHEI ermöglicht die Auswahl alternativer Pfade und die Kompensation von Aktivitäten. WIDE verwendet ECA-Regeln und AGENTWORK ermöglicht regelbasiert den dynamischen Umbau eines nicht mehr adäquaten Workflows.

Alle vier Ansätze berücksichtigen Auswirkungen lokaler Fehlerbehandlungen auf kooperierende Workflows. Allerdings erfolgt bei OPERA und PANTA RHEI nur eine Berücksichtigung schon generierter Ereignisse, die aufgrund des Abbruchs einer Aktivität zurückgerufen werden müssen. In WIDE erfolgt eine Analyse des integrierten Workflows, der aus der Kombination aller kooperierender Workflows entsteht, zur Erkennung potentieller Deadlocks. In AGENTWORK wird nach lokalen Änderungen überprüft, ob noch alle von kooperierenden Workflows benötigten Objekte erzeugt und alle Qualitätsvereinbarungen eingehalten werden können. Diese beiden Ansätze bieten also auch eine in die Zukunft gerichtete Be-

rücksichtigung von Auswirkungen der lokalen Fehlerbehandlung.

5 Zusammenfassung

Bei dem Vergleich der Forschungsansätze für kooperierende, dynamische Workflows zeigt sich erstens, dass nur ein Teil dieser Systeme Auswirkungen lokaler Fehlerbehandlungen auf zukünftige Kooperationschritte berücksichtigt und zweitens, dass das am häufigsten betrachtete Anwendungsgebiet der E-Commerce ist, obwohl auch bei Verarbeitungsvorgängen im medizinischen Bereich oder in der öffentlichen Verwaltung kooperierende Workflows vorkommen. Da es sich bei allen vorgestellten Systemen um Forschungsarbeiten handelt, ist nicht immer klar, was davon tatsächlich implementiert ist.

Die nächsten Schritte unserer Forschungsarbeit werden nun sein, anhand des Vergleichs der verschiedenen Ansätze zu untersuchen, ob sich eine dienst- oder eine ereignisbasierte Kooperation besser für komplexe Anwendungsgebiete eignet. Dies ist vermutlich vom Anwendungsschwerpunkt und seinen Anforderungen abhängig. Für gut strukturierte Kooperationsszenarien, in denen die Aufgaben der einzelnen Organisationen klar definiert sind, bieten sich Dienste an, während Ereignisse eine höhere Flexibilität für die Unterstützung komplexer Interaktionsmuster bieten. Qualitätsvereinbarungen sind bei beiden Kooperationsformen möglich.

Aufbauend auf den beim Vergleich der Systeme gewonnenen Erkenntnissen, wird dann versucht, ein allgemeines Modell für die Beschreibung der Kooperation, für Qualitätsvereinbarungen und die Behandlung von Fehlern und Implikationen zu finden.

6 Literatur

- [1] Casati, F. (1999): Semantic Interoperability in Interorganizational Workflows. In Ludwig, H. (ed.) (1999): Proceedings of WACC Workshop on Cross-Organizational Workflow Management and Co-Ordination, San Francisco, February, 1999.
- [2] Georgakopoulos, D.; Schuster, H.; Cichocki, A.; Baker, D. (1999): Managing Process and Service Fusion in Virtual Enterprises. In Information Systems, Special Issue on Information Systems Support for Electronic Commerce, Fall 1999.
- [3] Greiner, U. (2001): Adaptive Workflow-Management für kooperierende Workflows - ein Überblick. In Vorbereitung.
- [4] Groiss, H.; Eder, J. (2000): Bringing Workflow Systems to the Web. <http://www.ifi.uni-klu.ac.at/ISYS/JE/Projects/Workflow/pro>.
- [5] Hagen, C.; Alonso, G. (1999): Beyond the Black Box: Event-based Inter-Process Communication in Process Support Systems. In: 19th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), Austin, Texas, USA, June 1999.
- [6] Lazcano, A.; Alonso, G.; Schuldt, H.; Schuler, C. (2000): The WISE approach to Electronic Commerce. International Journal of Computer Systems Science & Engineering, special issue on Flexible Workflow Technology Driving the Networked Economy, Vol. 15, No. 5, September 2000.
- [7] Ludwig, H.; Hoffner, Y. (1999): Contract-based Cross-Organisational Workflows. The CrossFlow Project. In Proc. of the WACC workshop on Cross-Organizational Workflow Management and Co-Ordination, San Francisco, February 22, 1999.
- [8] Müller, R.; Rahm, E. (2000): Dealing with Logical Failures for Collaborating Workflows. In: Etzion, O.; Scheuermann, P. (eds.): Proceedings of Fifth International Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS), Eilat, Israel, Sept. 2000. LNCS 1901, Springer, Berlin, 2000: 210-223.
- [9] Schönhoff, M.; Stormer, H. (2001): Trading Workflows Electronically: The ANAISOF Architecture. In Proceedings der 9. Fachtagung Datenbanksysteme in Büro, Technik und Wissenschaft (BTW 2001), 7.-9. März 2001, Oldenburg.